

Моделирование лазерного нагрева биологических тканей

Абдурахманова Русалина Абдурашидовна

Магомедов Магомед Алиевич, Магомедова Лиана Курбановна

Дагестанский государственный университет

Магомедов Магомед Алиевич

liya1976@mail.ru

Одним из перспективных и динамично развивающихся направлений современной медицины является лазерная термотерапия. Терапевтическое воздействие лазерного излучения неразрывно связано с процессом гипертермии биоткани, что обуславливает необходимость построения модели расчета распределения температуры внутри биоткани в ходе ее нагрева лазерным излучением. Выполнен ряд работ, в которых рассматривались вопросы математического моделирования распределения лазерного излучения в биоткани, а также термических процессов, сопровождающих облучение. Большинство исследований посвящено расчету температурных полей, возникающих при облучении биоматериала низкоинтенсивным лазерным излучением в различные моменты времени.

Для нахождения распределения поглощенной энергии по глубине тканей применяются различные численные процедуры, включая метод дискретных координат, конечно-разностные схемы, метод функции Грина и метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло отличается высокой точностью, наиболее эффективен при сложной геометрии моделируемой системы, однако требует значительных вычислительных ресурсов. Компьютерное моделирование процессов теплообмена в биологических средах стало актуальным в связи с тем, что для современной науки и техники необходим достоверный прогноз таких процессов, экспериментальное изучение которых в лабораторных или натурных условиях очень сложно и дорого, а в некоторых случаях практически нереализуемо. Численное моделирование процессов теплопереноса все успешнее входит в практику работы различных научных исследований. Отметим, что анализ термического эффекта лазерного облучения не может быть чисто физическим и должен включать биологические (биофизические) исследования ответной реакции организма. Таким образом, проблема теплового воздействия лазерного излучения может быть представлена как состоящая из четырех последовательно решаемых задач, таких как описание распределения энергии лазерного излучения, получение абсорбционных характеристик биоткани, анализ распределения температуры в облученной ткани, исследование биологических (биохимических, физиологических) изменений в тканях, развивающихся в результате повышения температуры:

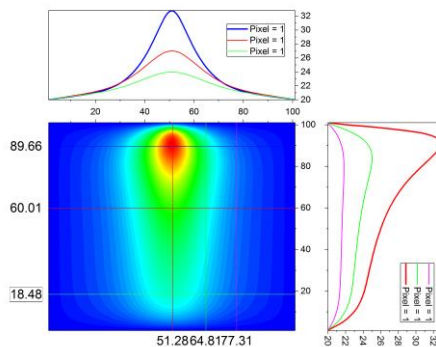


рис.1. Распределение температуры в биологической ткани в результате ее лазерного нагрева

В данной работе нами приводятся результаты компьютерного моделирования лазерного нагрева биологической ткани. Моделирование проводилось в соответствии с изложенными выше пунктами. Для описания распределения энергии лазерного излучения в биологической ткани нами использовался метод Монте-Карло. Моделировалось прохождение 10^8 фотонов через биоткань и рассчитывался массив распределения поглощенных фотонов в среде. Инверсным методом Монте-Карло на основе экспериментальных данных рассчитывались абсорбционные характеристики биоткани, и проводился анализ распределения температуры в биоткани и ее временная динамика в зависимости от мощности и продолжительности лазерного излучения. Для биоткани были заданы следующие значения теплофизических свойств: удельная теплоемкость $c = 3768$ Дж/(Кг·К), коэффициент теплопроводности $\lambda = 0.628$ Вт/(м·К), плотность биоткани $\rho = 1050$ Кг/м³. Оптические свойства биоткани $\mu = 0,1$ мм⁻¹, $\mu_s = 30$ мм⁻¹, фактор анизотропии $g = 0,85$. Мощность лазера была принята равной 1W.

Полученные таким образом результаты распределения температуры в биоткани через 15с после начала облучения приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, температура биоткани вдоль оси лазерного излучения значительно повысилась. Однако интересным является и тот факт, что область максимального нагрева находится не на поверхности биоткани, а на некоторой ее глубине. Связано это с тем, что в результате

многократного рассеяния лазерного излучения биотканью максимум интенсивности излучения достигается на некоторой глубине от поверхности, а также поверхность активно охлаждается окружающей средой.

Таким образом, в данной работе нами проведена попытка численного моделирования процесса лазерного нагрева биологической ткани. На основе заданных оптических параметров было рассчитано распределение поглощения лазерного излучения в биоткани, затем, используя численные конечно-разностные методы, решена задача нагрева биоткани лазерным излучением и вычислены температуры в различных областях биоткани через заданный промежуток времени. Используемая нами модель является достаточно простой, не учитывает все особенности теплового нагрева биоткани, а также различные биохимические процессы которые могут происходить в ткани в результате нагрева, тем не менее полученные результаты находятся в достаточно хорошем соответствии с экспериментальными данными и позволяет качественно описать нагрев биоткани оптическим излучением. Дальнейшее усложнение модели позволит более точно описать процесс лазерного нагрева биосред и добиться большего соответствия с экспериментом.

Влияние подложки из наночастиц диоксида кремния на структуру и биологические свойства наночастиц меди

Бондарева Варвара Андреевна

Золотухин Петр Владимирович

Южный федеральный университет

Положенцев Олег Евгеньевич, к.ф.-м.н.

Malaya45@bk.ru

На данный момент существует тенденция роста исследований, связанных с применением наночастиц биогенных металлов в биомедицинских целях [1,2]. Особенности, проявляемые материалами в ультрадисперсном состоянии, позволяют создать препараты с высокой биологической активностью для применения в медицине.

В данной работе исследовано влияние наличия подложки из диоксида кремния на структуру и биологические свойства наночастиц меди. Использование подложки в ходе синтеза наночастиц позволяет уменьшить процесс окисления, а также понизить степень агрегированности [3,4]. На поверхности носителя из диоксида кремния можно получать наночастицы меньшего размера с узким распределением по размерам, что является важным фактором для применимости материалов в биологических целях.

В данной работе были синтезированы наночастицы меди и наночастицы меди на подложке из наночастиц диоксида кремния методом разложения медного прекурсора в колбе, а также микроволновым методом с использованием микроволновой печи CEM Discover SP (США). Исследование зависимости фазового состава, размера и формы полученных наночастиц от наличия подложки из диоксида кремния проводилось с применением методик TEM, XRD, FTIR и UV-vis. Для оценки возможностей применения полученных материалов в биомедицинских целях, был проведен анализ влияния этих наночастиц на генерацию АФК в клетках. В результате исследования были синтезированы наночастицы с различной компартментной специфичностью гипергенерации АФК, что определяет гибкость их биомедицинского применения.

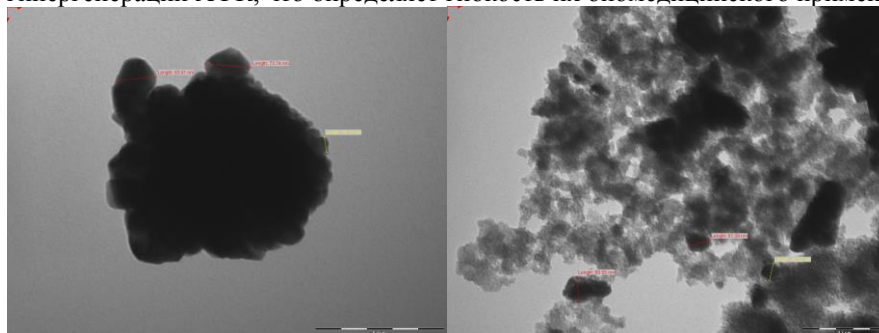


рис.1. Изображение TEM а) наночастиц меди, полученных в ходе синтеза с разложением медного прекурсора в колбе и б) наночастиц меди на наночастицах оксида кремния.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-35-00051)

Список публикаций:

- [1] Murthy, Shashi K. // *International Journal of Nanomedicine*. 2.2 (2007): 129–141.
- [2]. Hajipour M.J., Fromm K. M. et al // *Antibacterial properties of nanoparticles,*” *Trends Biotechnol.* 31 (1), 61–62 (2013).
- [3] Jankiewicz B.J., Jamiola D., Choma J., Jaroniec M. // *Advances in Colloid and Interface Science* 170 (2012) 28–47.
- [4] Ge Su, Zhenzhen Lin, Xinying Qi, Guoben Zhu, Wei Liu, Lixin Cao // *J. of Environ. Chem. Engineering* 3 (2015) 1408–1415